

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196689

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/0687
H01S 5/024

(21)Application number : 2000-381279

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 15.12.2000

(72)Inventor : SNYDER DAVID A
STAYT JR JOHN WILLIAM

(30)Priority

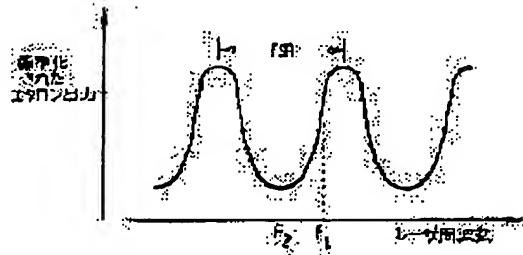
Priority number : 1999 464199 Priority date : 16.12.1999 Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE FOR STABILIZING LASER WAVELENGTH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To determine and stabilize a laser wavelength in a wavelength stabilization system of a composite or step-shaped etalon laser.

SOLUTION: By these unique method and device, the wavelength of laser output is obtained in the wavelength stabilization system of a composite or step-shaped etalon laser. A laser frequency is determined based on a signal from each etalon path in the system, thus compensating for the change in the optical characteristics of the etalon after a temperature change caused by the temperature change. The correction offset regarding the measurement frequency of the laser output is obtained according to a value measured by each etalon, and a value being stored to a lock-up table before. To accurately obtain the laser frequency, a frequency measured value is adjusted by the obtained offset.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-196689

(P 2001-196689A)

(43) 公開日 平成13年7月19日(2001.7.19)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I.

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/0687

H 0 1 S 5/0687

5/024

5/024

審査請求 未請求 請求項の数 4 6 O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-381279(P2000-381279)

(22) 出願日 平成12年12月15日(2000. 12. 15)

(31) 優先権主張番号 09/464199

(32) 優先日 平成11年12月16日(1999. 12. 16)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ

レーテッド

アメリカ合衆国, 07974-0636 ニュージ

ャーシー, マレイ ヒル, マウンテン ア

ヴェニュー 600

(72) 発明者 ディヴィッド アラン スナイダー

アメリカ合衆国 18036 ペンシルヴェニ

ア, クーバースバーグ, ステート ロード

2025

(74) 代理人 100064447

弁理士 岡部 正夫 (外11名)

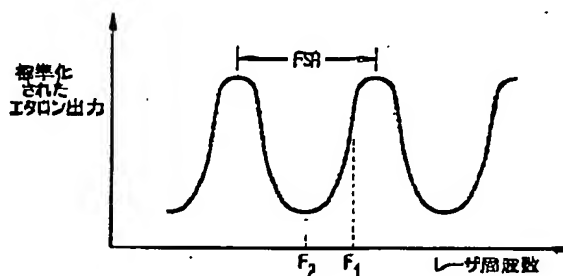
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ波長を安定させる方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおいて、レーザ波長を決定して安定させること

【解決手段】 複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおいて、レーザ出力の波長を求める独特な方法および装置を開示する。レーザ周波数の決定を、システム内の各エタロン・パスからの信号に基づいて行い、それによって、温度変化によって生ずる、温度変化後のエタロンの光学特性の変化を補償する。レーザ出力の計測周波数に関する修正オフセットは、各エタロンによって計測された値とルックアップ・テーブルに以前に記憶された値とに基づいて求める。次に、レーザ周波数をより正確に求めるために、求めたオフセットによって周波数計測値を調節する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 温度同調レーザ・システムにおいてレーザ源からのレーザ出力を同調する方法であって、該レーザ出力に対する第 1 の光学フィルタの光学反応に基づいて、該レーザ出力の第 1 の周波数を求める段階と、該レーザ出力に対する第 2 の光学フィルタの光学反応に基づいて、該レーザ出力の第 2 の周波数を求める段階と、該第 1 の周波数と該第 2 の周波数とに基づいて、制御信号を求める段階と、該制御信号に基づいて該レーザ装置を同調する段階と、を含む方法。

【請求項 2】 第 1 の周波数を求める該段階の前に、該レーザ出力の推測周波数を求める段階であって、該推測周波数に基づいて該第 1 および第 2 の周波数を求める段階を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 推測周波数を求める該段階は、該レーザ源、該第 1 の光学フィルタおよび該第 2 の光学フィルタの温度を計測すること、該レーザ源、該第 1 の光学フィルタおよび該第 2 の光学フィルタの該計測された温度に基づいて、該推測周波数を求めることとを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】 該推測周波数を求める該段階は、該推測周波数を求めるために、メモリ・デバイスに記憶されたルックアップ・テーブルを参照することを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】 第 1 および第 2 の周波数を求める該段階は、該レーザ出力に対する該第 1 および第 2 の光学フィルタの該光学反応に基づいて、該第 1 および第 2 の周波数をそれぞれ求めるために、メモリ・デバイスに記憶されたルックアップ・テーブルを参照することを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】 該ルックアップ・テーブルを参照する該段階は、該推測周波数に基づいて該ルックアップ・テーブルに関する開始周波数を求めることと、該推測周波数に基づいて該ルックアップ・テーブルに関する終了周波数を求めることとを含む、該第 1 および第 2 の周波数を求めるために、該ルックアップ・テーブルは該開始周波数と該終了周波数との間で参照される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】 制御信号を求める該段階は、該レーザ出力に関する最善の推測値を該推測周波数に設定することと、該第 1 の周波数と該試行周波数との間の第 1 の差を求めることと、該第 2 の周波数と該試行周波数との間の第 2 の差を求めることと、該第 1 の差および該第 2 の差の絶対値を合計すること

と、該合計が所定の周波数未満であるかどうかを判断することを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】 該試行周波数は該開始周波数である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】 該所定の周波数は該終了周波数よりも大きい、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】 該合計が該所定の周波数未満である場合に、該方法は、該所定の周波数を該合計に設定する段階と、該最善の推測値を該試行周波数に設定する段階と、該試行周波数を増大する段階と、該試行周波数が該終了周波数よりも大きいかどうかを判断する段階とを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】 該合計が該所定の周波数以上である場合に、該方法は、該試行周波数を増大させる段階と、該試行周波数が該終了周波数よりも大きいかどうかを判断する段階とを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】 該試行周波数は約 500 MHz から 1 GHz の間で増大される、請求項 10 または請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】 該試行周波数が該終了周波数以下である場合に、該方法は、該レーザ出力の第 1 の周波数および第 2 の周波数を求める該段階と、第 1 および第 2 の差を求める該段階と、該第 1 および第 2 の差の絶対値を合計する該段階と、該最善の推測値を該試行周波数に設定する該段階と、該試行周波数が該終了周波数よりも大きくなるまで該試行周波数を増大させる該段階とを繰り返すことを含む、請求項 10 または請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】 該試行周波数が該終了周波数よりも大きい場合に、制御信号を求める該段階は、該推測周波数と該最善の推測値との差を求めることと、該推測周波数と該最善の推測値との該差に所定の定数を掛けて結果を求めることと、該結果を該最善の推測値に加算して該制御信号を求めることとを含む、請求項 10 または請求項 11 に記載の方法。

【請求項 15】 該所定の定数は、該第 1 および第 2 の光学フィルタの温度係数の、該レーザ源の温度係数に対する比率である、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】 該レーザ装置を同調する該段階は、該制御信号を用いて該レーザ源の温度を変えることにより該レーザ装置を同調することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】 該第 1 の光学フィルタは第 1 のエタロンであり、該第 2 の光学フィルタは第 2 のエタロンである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 18】 該第 1 の光学フィルタはエタロンの第

1の部分であり、該第2の光学フィルタは該エタロンの第2の部分であり、該エタロンの該第1の部分は該エタロンの該第2の部分とは異なった長さを有する、請求項1に記載の方法。

【請求項19】 レーザ源からのレーザ出力の周波数を求める方法であって、

該レーザ出力に対する第1の光学フィルタの光学反応に基づいて、該レーザ出力の第1の周波数を求める段階と、

該レーザ出力に対する第2の光学フィルタの光学反応に基づいて、該レーザ出力の第2の周波数を求める段階と、

該第1の周波数と該第2の周波数とに基づいて、該レーザ出力の該周波数を求める段階とを含む方法。

【請求項20】 第1の周波数を求める該段階の前に、該レーザ出力の推測周波数を求める段階であって、該推測周波数に基づいて該第1および第2の周波数を求める段階を含む、請求項19に記載の方法。

【請求項21】 推測周波数を求める該段階は、該レーザ源の温度を計測することと、該レーザ源の該計測された温度に基づいて、該推測周波数を求めることとを含む、請求項20に記載の方法。

【請求項22】 該推測周波数を求める該段階は、該推測周波数を求めるために、メモリ・デバイスに記憶されたルックアップ・テーブルを参照することを含む、請求項21に記載の方法。

【請求項23】 第1および第2の周波数を求める該段階は、

該レーザ出力に対する該第1および第2の光学フィルタの該光学反応に基づいて、該第1および第2の周波数をそれぞれ求めるために、メモリ・デバイスに記憶されたルックアップ・テーブルを参照することを含む、請求項21に記載の方法。

【請求項24】 該ルックアップ・テーブルを参照する該段階は、該推測周波数に基づいて該ルックアップ・テーブルに関する開始周波数を求めることと、

該推測周波数に基づいて該ルックアップ・テーブルに関する終了周波数を求めることとを含む、

該第1および第2の周波数を求めるために、該ルックアップ・テーブルは該開始周波数と該終了周波数との間で参照される、請求項23に記載の方法。

【請求項25】 該レーザ出力の該周波数を求める該段階は、

該レーザ出力に関する最善の推測値を該推測周波数に設定することと、

該第1の周波数と該試行周波数との間の第1の差を求めることと、

該第2の周波数と該試行周波数との間の第2の差を求めることと、

該第1の差および該第2の差の絶対値を合計すること

と、

該合計が所定の周波数未満であるかどうかを判断することを含む、請求項24に記載の方法。

【請求項26】 該試行周波数は該開始周波数である、請求項25に記載の方法。

【請求項27】 該所定の周波数は該終了周波数よりも大きい、請求項25に記載の方法。

【請求項28】 該合計が該所定の周波数未満である場合に、該方法は、

該所定の周波数を該合計に設定する段階と、

該最善の推測値を該試行周波数に設定する段階と、

該試行周波数を増大させる段階と、

該試行周波数が該終了周波数よりも大きいかどうかを判断する段階とを含む、請求項25に記載の方法。

【請求項29】 該合計が該所定の周波数以上である場合に、該方法は、

該試行周波数を増大させる段階と、

該試行周波数が該終了周波数よりも大きいかどうかを判断する段階とを含む、請求項25に記載の方法。

【請求項30】 該試行周波数は約500MHzから1GHzの間で増大される、請求項28または請求項29に記載の方法。

【請求項31】 該試行周波数が該終了周波数以下である場合に、該方法は、

該レーザ出力の第1の周波数および第2の周波数を求める該段階と、第1および第2の差を求める該段階と、該第1および第2の差の絶対値を合計する該段階と、該最善の推測値を該試行周波数に設定する該段階と、該試行周波数が該終了周波数よりも大きくなるまで該試行周波数を増大させる該段階を繰り返すことを含む、請求項28または請求項29に記載の方法。

【請求項32】 該試行周波数が該終了周波数よりも大きい場合に、該周波数を求める該段階は、該推測周波数と該最善の推測値との差を求めることと、該推測周波数と該最善の推測値との該差を該最善の推測値に加算して、該レーザ出力の該周波数を求めることとを含む、請求項28または請求項29に記載の方法。

【請求項33】 該第1の光学フィルタは第1のエタロンであり、該第2の光学フィルタは第2のエタロンである、請求項19に記載の方法。

【請求項34】 該第1の光学フィルタはエタロンの第1の部分であり、該第2の光学フィルタは該エタロンの第2の部分であり、該エタロンの該第1の部分は該エタロンの該第2の部分とは異なった長さを有する、請求項19に記載の方法。

【請求項35】 レーザ出力を生成するレーザ源と、該レーザ出力の第1の部分が通過する第1の光学フィルタと、

該レーザ出力の第2の部分が通過する第2の光学フィルタと、

該レーザ出力に対する該第1の光学フィルタおよび該第2の光学フィルタの光学反応に基づいて、該レーザ出力の周波数を求めるように適合された制御器とを含む、レーザ制御システム。

【請求項36】 該レーザ源はレーザ・チップである請求項35に記載のレーザ制御システム。

【請求項37】 該レーザ源の温度を制御する温度デバイスであって、該レーザ源からの該レーザ出力を調節するために、該レーザ源の温度を変えるように適合された温度デバイスを含み、

該制御器は、該レーザ出力の該求めた周波数に基づいて制御信号を求め、該制御信号を該温度デバイスに出力するように適合されており、該温度デバイスは該制御信号に反応して該レーザ源の該温度を変える、請求項35に記載のレーザ制御システム。

【請求項38】 該温度デバイスは熱電冷却機（TEC）である、請求項37に記載のレーザ制御システム。

【請求項39】 該制御器からの該制御信号を受け取り、それに反応して、該レーザ源の該温度を変える信号を出力するドライバを含む、請求項38に記載のレーザ制御システム。

【請求項40】 該第1の光学フィルタは第1のエタロンであり、該第2の光学フィルタは第2のエタロンである、請求項35に記載のレーザ制御システム。

【請求項41】 該第1の光学フィルタはエタロンの第1の部分であり、該第2の光学フィルタは該エタロンの第2の部分であり、該エタロンの該第1の部分は該エタロンの該第2の部分とは異なった長さを有する、請求項35に記載の方法。

【請求項42】 該レーザ源の温度を計測するセンサと、

ルックアップ・テーブルを記憶するメモリ・デバイスとを含み、

該制御器は、該メモリに記憶された該ルックアップ・テーブルを参照し、該計測された温度に基づいて該レーザ出力についての該周波数の推測値を求めるように適合された、請求項35に記載のレーザ制御システム。

【請求項43】 該制御器は、該レーザ出力に対する第1の光学フィルタの光学反応に基づいて該レーザ出力の第1の周波数を求め、該レーザ出力に対する第2の光学フィルタの光学反応に基づいて該レーザ出力の第2の周波数を求めるように適合されており、該制御信号は該第1の周波数と該第2の周波数とに基づいて決定される、請求項42に記載のレーザ制御システム。

【請求項44】 該メモリ・デバイスに記憶された光学フィルタ・ルックアップ・テーブルを含み、

該制御器は、該メモリ・デバイスに記憶された該ルックアップ・テーブルを参照して、該第1および第2の周波数を求め、該求めた第1および第2の周波数に基づいて該制御信号を求めるように適合されている、請求項43

に記載のレーザ制御システム。

【請求項45】 該制御器はプロセッサを含む請求項35に記載のレーザ制御システム。

【請求項46】 該プロセッサはマイクロプロセッサを含む請求項45に記載のレーザ制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は一般的に可変波長レーザおよび他の可変波長光信号源に関し、特に複合エタロンまたは階段状エタロンを利用したレーザ波長安定用の方法およびシステムに関する。

【0002】

【従来技術の記述】 光ファイバ通信システムは、低損失で非常に高い情報搬送能力を提供する。実際には、光ファイバの帯域幅は、異なったキャリア波長を用いて多数の別個のチャネルを同時に送信することにより利用できる。通信システムで使用される様々なチャネルの波長は、国際電気通信連合（International Telecommunications Union: ITU）グリッドによって標準化されている。ITUグリッドは、個々のチャネルが約100GHz毎に発生する、約191,900GHz～195,800GHzの周波数を含む。関連する技術は、波長分割多重化（Wavelength Division Multiplexing: WDM）と呼ばれている。高密度のWDM（Dense WDM）システム、即ちDWDMシステムは、25～50GHzのチャネル間隔を提供する。

【0003】 あらゆる個々のチャネルが占有する波長帯域幅は、利用される情報帯域幅と、キャリア周波数ドリフトやキャリア周波数の不安定さを調整し、非理想的なフィルタによって発生し得るチャネル間のクロストークを削減するマージンとを含む、多数の要因に応じて決まる。

【0004】 チャネル数を最大にするには、間隔が狭い多数の波長を提供するために、安定した正確な波長制御能力を備えたレーザが必要とされている。レーザの振動を単一のチャネルに限定するために、様々なアプローチが用いられてきた。1つのアプローチは、分散フィードバック・メカニズムである。分散フィードバック（Distributed-Feed Back: DFB）レーザは、最も一般的な種類の通信レーザである。レーザ構造に不可欠な格子は、出力を単一の周波数に限定する。別の最も一般的な方法は温度同調であり、これは、レーザが動作する出力波長をエタロンの反応曲線に基づいて検出するようなレーザ装置と組み合わせた、周波数選択外部空洞/エタロンの使用を必要とする。典型的なエタロン反応曲線を図1に示した。レーザ周波数は、標準化されたエタロン出力に基づいて求め、それに応じてレーザの温度を変更することにより調節できる。かかる方法は、周辺温度条件が変化する場合であっても、レーザの波長固定を可能にする。エタロン反応曲線のピークとピークとの間の周波

数の相違は、自由スペクトル範囲 (Free Spectral Range: FSR) としても知られている。約 1mm の厚さのエタロンに関する FSR は約 100GHz であり、したがって、ITU グリッドで指定されたチャネルのおよその間隔と一致する。

【0005】異なった波長チャネルの間でよりよい差別化を図り、それによってより効率的な同調を提供するために、傾斜が最大である反応曲線の箇所が所望のチャネルに対応するように、光学パッケージ内にエタロンを有することが好ましい。したがって、例えば、図 1 に示した反応曲線を有するエタロンは、周波数 F2 のチャネルよりも、周波数 F1 のチャネルで固定する方がより適しているであろう。しかし、光学パッケージ内のエタロンが、送信グリッドの所望のチャネルと整列する反応曲線を有することを確実にすることは困難である。この問題を緩和するために、光学パッケージに、階段状エタロンまたは若干長さの異なる複合エタロンを使用することが知られている。光学パッケージの大きさの制約のために、エタロンの数は通常は 2 個に限定されている。2 個のエタロン (または単一の階段状エタロン) を有することは、図 2 に示したように互いに対してずらされた反応曲線に帰結し、それによって、少なくとも一方の反応曲線が上記のように ITU グリッドと十分に整列することを確実にする。実際には、エタロンは、反応曲線が互いに対して FSR の約 1/3 だけ移動されるように選択される。したがって、エタロンのあらゆる角度的な調整列は、製造および信頼性試験の間に、反応が ITU グリッドに対して最適な位置にあるエタロン (または階段状エタロンについてはエタロンの部分) を判断し、製造および信頼性試験後のレーザ周波数/波長の計測中に使用する 30 ために、対応するエタロンのパスを選択することにより考慮することができる。

【0006】しかし、上記のようにレーザ周波数を求めるために階段状エタロンまたは複合エタロンを使用することには問題がある。例えば、製造および信頼性試験後のレーザ出力の計測中に使用されるエタロンのパスが一旦選択されると、システムはこのパス用に設定されて、システムを最終製品から外してシステムを再試験することなしには変更できない。

【0007】光学パッケージを小型に維持するために、エタロンおよびレーザは通常、同じ基盤上に設けられる。前述のように、レーザのレージング波長はレーザの温度を調節することにより変えられるが、このことは、エタロンが載置されている基盤の温度の変化にもつながる。レーザが老朽化したり、レーザが異なった駆動電流で操作されるときには、必要な動作温度が必ず異なるようになる。基盤の温度が調節されると、それに応じてエタロンの温度も変化し、その光学特性の変化につながる。レーザの周波数を求めるために選択されたエタロンの光学特性が変化すると、それによってエタロンはもは 50

や ITU グリッドに対して適切に整列しなくなる。これは、レーザ出力の誤った計測や、その結果として誤った調節につながり、ITU グリッド上のチャネルで固定することを困難にしている。

【0008】したがって、温度変化によって生ずる、温度変化後のエタロンの光学特性の変化を補償できる、複合エタロンを利用するシステムにおいてレーザ波長を決定して安定させる方法および装置が必要とされている。

【0009】

10 【発明の概要】本発明は、複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおいて、エタロンの温度変化を補償する独特な方法および装置を提供することにより、先行技術に関する問題のいくつかを克服する。

【0010】本発明によれば、複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおけるレーザ出力の波長の決定を、システム内の各エタロンのバスからの信号に基づいて遂行し、それによって、温度変化によって生ずる、温度変化後のエタロンの光学特性の変化を補償する。レーザ出力の計測周波数に関する修正オフセットは、各エタロンによって計測された値および以前にルックアップ・テーブル (lookup table) に記憶された値に基づいて求める。次に、レーザ周波数をより正確に求めるために、求めたオフセット (offset) によって周波数計測値を調節する。

【0011】本発明のこれらの利点および特徴ならびに他の利点および特徴は、付属の図面を参照して記載している、以下の本発明の詳細な説明から明らかになるであろう。

30 【0012】

【発明の詳細な記述】本発明を、図 3 および 4 に図示された実施例に記載されたように説明する。本発明の主旨または範囲から逸脱することなく、他の実施例を利用することができ、構造的、論理的またはプログラム上の変更を行うこともできる。この説明の全体を通して、同様の部分は同様の参照符号によって言及している。

【0013】本発明によれば、複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおけるレーザ出力の周波数/波長の決定は、システム内の各エタロンのバスからの信号に基づいて行われ、それによって温度変化によって生ずる、温度変化後のエタロンの光学特性の変化を補償する。

40 【0014】図 3 は、本発明による、レーザ周波数/波長を計測し安定させる階段状エタロンを利用したシステムの一部のブロック図である。更に特定のには、図 3 は、本発明によるレーザ周波数を計測する階段状エタロンを利用した、温度同調レーザ・システムに関する制御回路 10 を示している。制御回路 10 は単一の回路として図示してはあがるが、本発明はこれに限定されず、制御回路 10 の構成要素は、共に接続された別個の回路とし

て提供してもよいことを理解されたい。

【0015】制御回路10は、熱電冷却機(Thermo Electric Cooler: TEC)30に設けられたレーザ・チップ12を含む。レーザ・チップ12とTEC30との間のサブマウント14は、熱膨張整合のために望ましい場合に使用できる。温度同調レーザの技術分野において知られているように、レーザ・チップはその動作温度に直接的に関連した出力を有するので、レーザ・チップ12の出力はレーザ・チップ12の温度を変えることにより調節できる。レーザ・チップ12の温度は、TEC30の温度を変えることにより調節できる。TEC30の温度は、デジタル・アナログ(D/A)変換器42を介して制御器40からTECドライバ32に送られる入力信号に基づいて変化する。制御器40は、プログラム可能な論理デバイスを含んでもよく、その一例がマイクロプロセッサである。マイクロプロセッサを使用する場合には、それは従来の汎用単一チップまたは多チップのマイクロプロセッサであってもよく、あるいはデジタル信号プロセッサのような、従来の何れの専用マイクロプロセッサであってもよい。A/D変換器26およびD/A変換器42に入るかそれらから出るアナログ信号に、アナログ信号調節技術を適用してもよい。例えば、電気的に消去可能なプログラム可能読み出し専用メモリ(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory: EEPROM)などのメモリ・デバイス50が、制御器40に接続されている。

【0016】制御器40は、以下のようにレーザ・チップ12の出力を監視し制御する。レーザ・チップ12は、レーザ出力11とバックフェース出力13とを生成する。レーザ・チップ12からのバックフェース出力(backface output)13は、出力を別個の出力15、25、35に分割するレンズ/光スプリックに入力される。以下で基準バスと呼ぶ第1の出力15は、当該技術分野において知られているように光検出器16に入力され、レーザを光信号から電気信号に変換する。変換された電気信号は、増幅器回路18に入力される。増幅器回路18からの出力は、アナログ・デジタル(A/D)変換器26によってアナログ信号からデジタル信号に変換されて、制御器40に入力される。

【0017】以下、エタロン・バスと呼ぶ第2の出力25および第3の出力35は、当該技術分野において知られているように階段状エタロン・フィルタ20に入力される。代替的に、エタロン・バス25、35は多段フィルタまたは多数の個別のエタロン・フィルタに入力されてもよい。エタロン・フィルタ20からの出力は個々の光検出器16a、16bに入力されて、レーザを光信号から電気信号に変換する。変換された電気信号は増幅器回路18a、18bに入力される。増幅器回路18a、18bからの出力は、A/D変換器26によってアナログ信号からデジタル信号に変換されて、制御器40に入

力される。

【0018】TEC30およびレーザ・チップ12の温度は、例えばサーミスタ44などのセンサによって監視され、温度値は制御器40に入力される。本発明によれば、制御器40は、出力11の周波数を求めるために、両方のエタロン・バス信号、すなわち、エタロン20を通過するバスを利用し、また、それに応じて、TECドライバ32にTEC30の温度を変えさせることにより出力11を調節するために、これらのバスを基準バス信号、すなわち、エタロン・フィルタ20を通過することなくレーザ・チップ12から直接出力されるバスと共に利用するように適合されている。また、本発明によれば、制御器40は、エタロンの温度変化によって生ずるエタロンの光学特性の変化を補償するように適合されている。

【0019】図3の回路の動作を、図4Aのフローチャートを参照して更に説明する。図4は、本発明による、制御器40によって行われるレーザ波長計画の方法を示している。図4を参照すると、ステップ100において、レーザ・チップ12の温度はサーミスタ44によって計測されて、制御器40に入力される。ステップ110において、レーザ・チップ12の温度に基づいて出力周波数の推定値を求めるために、制御器40は、メモリ・デバイス50に記憶されたルックアップ・テーブルを参照する。ルックアップ・テーブルの値は、レーザ・チップ12の反応に基づいて、レーザ・チップ12の校正中に定められる。

【0020】レーザ・チップ12の波長対温度の出力は、レーザ・チップ12が古くなるに従って長期間にわたって変化する可能性があることを理解されたい。したがって、レーザ・チップ12が劣化すると、ルックアップ・テーブルの値はもはや正確でない場合もある。この問題を克服するために、ルックアップ・テーブルを、例えば、「学習」アルゴリズムや、レーザ・チップ12が古くなるに従ってその変化を予測して、それに適合するために長期的な統計データを使用することなどによって、制御器40により補うことができる。

【0021】ステップ120において、ステップ110で求めた推測周波数から自由スペクトル範囲の1/2、すなわち、約50GHzを差し引くことにより開始周波数を計算する。ステップ130において、自由スペクトル範囲の1/2、すなわち、約50GHzをこの推測周波数に加えることにより終了周波数を計算する。開始周波数および終了周波数は、以下で更に説明するように、メモリ・デバイス50に記憶されたエタロン・ルックアップ・テーブルの検索の、開始点および終了点をそれぞれ定めるために使用する。

【0022】ステップ140において、第1の可変試行周波数はステップ120で求めた開始周波数に設定され、第2の可変最小距離計測は、ステップ130で求め

た終了周波数の範囲外のある大きな値に設定され、第3の可変最善周波数推測値(variable best estimate of frequency)は推測周波数に設定される。

【0023】図4Bを参照すると、ステップ150において、エタロン反応曲線に基づいてレーザの対応する周波数を求めるために、標準化されたエタロン出力を計測し、メモリ・デバイス50に記憶されたエタロン・ルックアップ・テーブルを検索することにより、第1のエタロン・パス35によって決定されたレーザ出力11の周波数を求める。エタロン・ルックアップ・テーブルの値は、エタロン20の反応曲線に基づいて、光学パッケージの校正および試験の間に定められる。求めたレーザ周波数から試行周波数の値を差し引いて、その結果の絶対値を求める。

【0024】ステップ160において、第2のエタロン・パスの反応曲線に基づいて対応するレーザ周波数を求めるために、第2のエタロン・パス25によって決定されたレーザ出力11の周波数を、標準化されたエタロンを計測し、メモリ・デバイス50に記憶されたエタロン・ルックアップ・テーブルを検索することにより求める。求めた周波数から試行周波数の値を差し引いて、その結果の絶対値を求める。上記のように、エタロン・ルックアップ・テーブルでの対応する周波数の検索は、ステップ120で求めた開始周波数およびステップ130で求めた終了周波数によって限定される。これは、図2に示したように、エタロン反応曲線は無限の波形であり、そのため各標準化されたエタロン出力と関連づけられた多数の異なる周波数を有するからである。レーザ・チップ12の温度から求めた推測周波数(ステップ100~120)に基づいて、エタロン・ルックアップ・テーブルの検索を限定することにより、システムは、ルックアップ・テーブルから適切な対応するレーザ周波数を求めることを保証される。

【0025】ステップ170において、第1のエタロン・パスについてステップ150で求めた値と、第2のエタロン・パスについてステップ160で求めた値とを合算する。ステップ180において、ステップ150および160で求めた値の合計が最小距離計測の値未満であるかどうかを判断する。合計が最小距離計測の値未満であれば、ステップ185において、最小距離計測の値は更新されて、ステップ170で求めた合計の値になり、最善周波数推測値は試行周波数の値に設定される。

【0026】可変の最小距離計測値および最善周波数計測値をステップ185で一旦更新したか、あるいはステップ170で求めた合計が最小距離計測の値未満ではない場合には、ステップ190において、試行周波数の値を増大させる。試行周波数の値は、約500MHz~1GHzのステップで増大させることが好ましい。

【0027】ステップ200において、試行周波数の値が、ステップ130で求めた終了周波数の値よりも大

いかどうかを判断する。試行周波数の値が終了周波数の値以下である場合には、この方法は継続処理のためにステップ150に戻る。試行周波数の値が終了周波数の値よりも大きく、開始周波数と終了周波数とによって定められたルックアップ・テーブルの全範囲が検索されたことを示している場合には、ステップ210において、ステップ110からの推測周波数と、ステップ185で求めた最善周波数推測の値との差を求める。ステップ220において、推測周波数とステップ210で計算した最善周波数推測の値との差に、エタロンの温度係数のレーザの温度係数に対する比率をかけて、最善周波数推測値に加算する。ステップ210で計算した差をオフセットとして利用することにより、レーザ出力周波数のより正確な決定が提供される。このオフセットは、レーザおよびエタロンの温度係数と共に、レーザ・チップ12の老朽化および周囲の変化によって生ずる温度の不一致を修正する。ステップ230において、制御器40は、レーザ・チップ12の出力が、TEC30の温度を変化させることによる調節を必要としているかどうかを判断するために、ステップ220で計算した値を利用する。したがって、老朽などのために、ルックアップ・テーブルに最初にデータを入れたときの温度と異なる温度にあるエタロンの自己修正を提供する。

【0028】このように、本発明によれば、複合エタロン・レーザまたは階段状エタロン・レーザの波長安定システムにおけるレーザ出力の波長の決定を、そのシステムの各エタロン・パスからの信号に基づいて行い、それによって、温度変化によって生ずる、温度変化後のエタロンの光学特性の変化を補償する。レーザの計測周波数に関する修正的オフセットは、各エタロンによって計測された値とルックアップ・テーブルに以前に記憶された値とに基づいて求められる。次に、レーザ周波数をより正確に求めるために、求めたオフセットによって周波数計測値を調節する。

【0029】本発明はレーザ・チップ12と共に実施されるものとして説明してきたが、本発明はこれに限定されず、例えば、レーザの配列、DFBレーザ、分散ブラッグ反射器(DBR)レーザ、フアブリ・ペロー・レーザなどの、当該技術分野において知られているあらゆる種類のレーザ源と共に使用できることを理解されたい。また、本発明は、例えば、エタロン、干渉フィルタ(ローパス、バンドパスおよびハイパス)、フィルタの複合グループ(バンドノッチ)、格子などの、全ての温度センシティブ/波長センシティブな要素と共に使用してもよい。

【0030】本発明を説明するに当たり、実施例を参照してきた。しかし、特許請求の範囲で定義された本発明の範囲に入るであろう、付加、削除、置き換え、または他の修正が、本発明の主旨または範囲から逸脱することなく、当業者および本発明の開示に詳しい者によって実

施されてもよい。また、本発明はプログラム可能な制御器、好ましくはソフトウェア・プログラムを動作させるマイクロプロセッサによって実施されるものと説明したが、ハードウェア、ソフトウェア、またはこれらのあらゆる組み合わせにおいて実施されてもよい。全てが、本発明の動作に関して均等であるものとみなされる。したがって、本発明は以上の説明によって限定されるとみなされるべきではなく、特許請求の範囲によってのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【図1】典型的なエタロン反応曲線のグラフである。

【図2】互いにずらされた一対のエタロンの反応曲線のグラフである。

【図3】本発明による、レーザ周波数/波長を計測し安定させる階段状エタロンを利用したシステムの一部のブロック図である。

【図4A】本発明による、レーザ周波数を求める方法のフローチャートである。

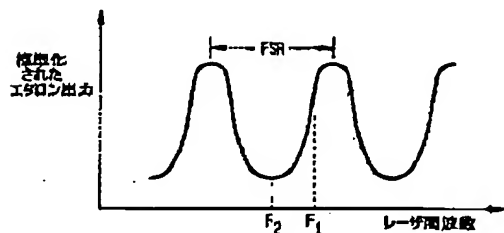
【図4B】本発明による、レーザ周波数を求める方法の

フローチャートである。

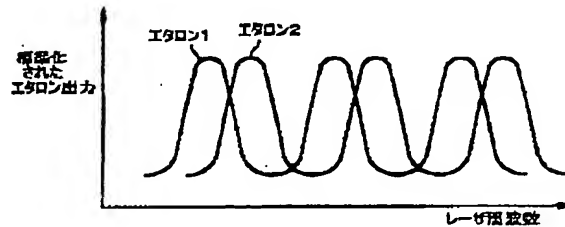
【符号の説明】

- 10 制御回路
- 11 レーザ出力
- 12 レーザ・チップ
- 13 バックフェース出力
- 14 サブマウント
- 15、25、35 出力
- 16、16a、16b 光検出器
- 18、18a、18b 増幅器回路
- 20 階段状エタロン・フィルタ（エタロン）
- 26 アナログ・デジタル（A/D）変換器
- 30 熱電冷却機（TEC）
- 32 TECドライバ
- 40 制御器
- 42 デジタル・アナログ（D/A）変換器
- 44 サーマスタ
- 50 メモリ・デバイス

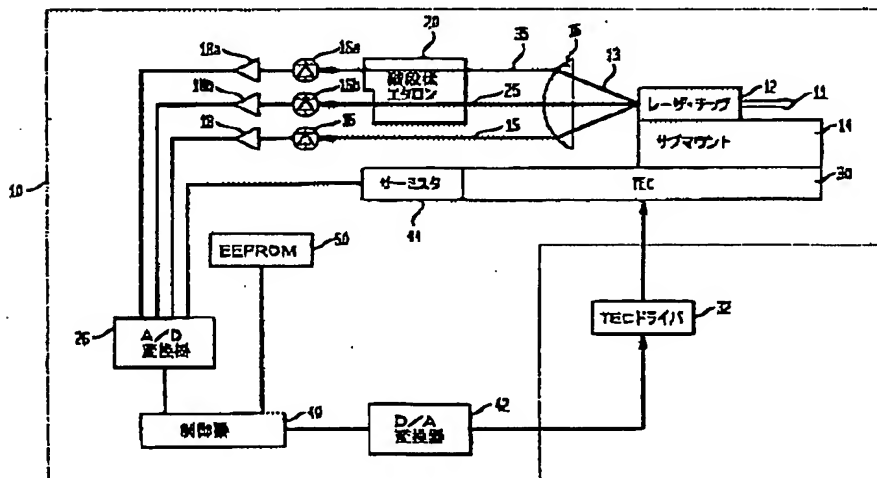
【図1】



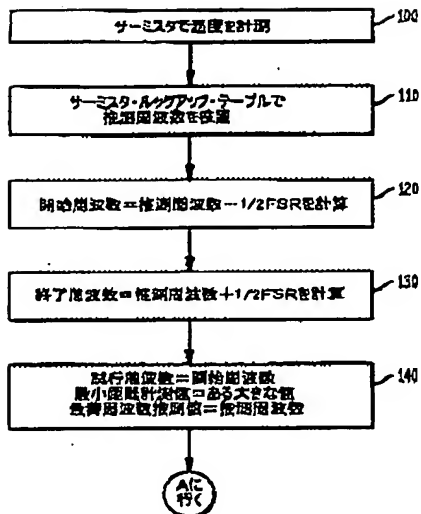
【図2】



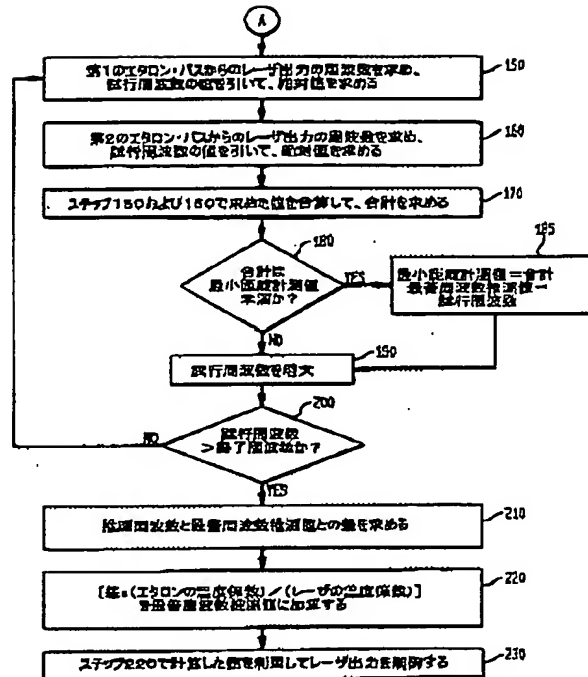
【図3】



【図4A】



【図4B】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン ウィリアム ステイト、ジュニヤ
 アメリカ合衆国 18078 ペンシルヴァニア、
 シュネックスヴィル、キストラー ロード 4091